

---

**ARTIGO ORIGINAL**

---

**Modulação autonômica cardíaca em jovens durante e após realização de dois tipos de exercícios em cicloergômetro****Cardiac autonomic modulation in young people during and after two cycle-ergometer exercises types**

Mayara Caroline da Costa Souza, Esp.\*, Fabrício Galdino Magalhães\*, Raphael Martins Cunha, M.Sc.\*\*, Tiago Peçanha\*\*\*, Victor Hugo Araújo Ferreira Camargo\*\*\*\*, Linda Moreira Pffrimer, D.Sc.\*\*\*\*\*

---

*\*Acadêmico do Curso de Educação da Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia de Goiás – ESEFFEGO/UEG, Estagiário do Laboratório de Fisiologia do Exercício – LAFEX/UEG, \*\*Doutorando em Endocrinologia – UFRGS, Docente da ESEFFEGO/UEG, Coordenador do LAFEX/UEG, \*\*\*Doutorando em Educação Física – Escola de Educação Física e Esportes – USP, \*\*\*\*Especialista em Fisiologia do Exercício – Gama Filho, Graduado em Educação Física pela ESEFFEGO-UEG, Membro-pesquisador do LAFEX/UEG, \*\*\*\*\*Especialista em Fisiologia do Exercício – PUC/GO, Graduada em Educação Física pela ESEFFEGO/UEG, Membro do LAFEX/ESEFFEGO*

---

**Resumo**

**Introdução:** A avaliação da frequência cardíaca (FC) e variabilidade da FC permite o estudo do impacto autonômico cardíaco durante e após o exercício. A literatura é escassa quanto aos efeitos de diferentes tipos de exercícios no comportamento destas variáveis. **Objetivo:** Avaliar a modulação autonômica cardíaca de jovens saudáveis submetidos a 2 sessões de cicloergômetros: bicicleta ergométrica e cicloergômetro misto. **Material e métodos:** Trata-se de um estudo transversal, com 21 indivíduos jovens que foram divididos em Protocolo Cicloergômetro misto (n = 11); Protocolo bicicleta ergométrica (n = 6) e Protocolo controle (n = 4). Ambos os grupos experimentais realizaram os protocolos a 65% da frequência cardíaca de reserva cronotrópica, durante 30 minutos de forma contínua. No protocolo controle, os voluntários não se

exercitaram. A variabilidade da frequência cardíaca foi analisada antes dos protocolos, durante e até 45 minutos após. **Resultados:** Como resultado, foi observada diferença estatisticamente significativa nos valores de FC e VFC durante o exercício e na primeira janela de recuperação pós-exercício (5-10 minutos) nos grupos experimentais (cicloergômetro misto e bicicleta ergométrica) em relação ao controle, mas de mesma magnitude quando comparados entre eles. Os demais valores de recuperação são todos iguais, inclusive quando comparados ao protocolo controle. **Conclusão:** Ao fim deste estudo podemos observar que tanto a bicicleta estacionária quanto o cicloergômetro misto não apresentaram diferenças significativas em relação à modulação autonômica.

**Palavras-chave:** exercício, frequência cardíaca, sistema nervoso autônomo.

Recebido em 20 de junho de 2013; aceito em 6 de agosto de 2013.

**Endereço de correspondência:** Raphael Martins da Cunha, Av. Anhanguera, 1420 Vila Nova, Goiânia GO, E-mail: prof.raphaelcunha@gmail.com

---

## Abstract

**Introduction:** The assessment of heart rate (HR) and heart rate variability allows the study of cardiac autonomic impact during and after exercise. The literature is scarce about the effects of different types of exercise on the behavior of these variables. **Objective:** To evaluate the cardiac autonomic modulation in healthy young people who were submitted to 2 sessions of cycle ergometers: bicycle ergometer and mixed cycle ergometers. **Methods:** This was a cross-sectional study with 21 young people who were divided into mixed cycle ergometer protocol (n = 11); Bicycle ergometer protocol (n = 6) and control protocol (n = 4). Both the experimental groups performed protocols to 65% of heart rate of reserve chronotropic during 30 minutes

continuously. In the control protocol, the volunteers did not exercise. The HR and heart rate variability was analyzed before the protocols, during and up to 45 minutes after. **Results:** We observed statistically significant differences in HR and HRV during exercise and in the first recovery window after exercise (5-10 minutes) in the experimental groups (cycle ergometer and mixed cycle ergometers) compared to control, but of the same magnitude when compared between them. The remaining recovery values are all the same, even when compared to the control protocol. **Conclusion:** At the end of this study we observed that both the stationary bike and the mixed cycle ergometer showed no significant differences in autonomic modulation.

**Key-words:** exercise, heart rate, autonomic nervous system.

## Introdução

A prática regular de exercícios físicos promove alguns benefícios no sistema cardiovascular, tais como redução da Frequência Cardíaca (FC) [1] e da Pressão Arterial [2]. No entanto, sabe-se que uma única sessão de exercício físico promove um estresse agudo sobre o sistema cardiovascular, elevando os riscos de acometimentos cardiovasculares durante e/ou logo após a sua prática, mesmo em indivíduos saudáveis [3]. Esta aparente contradição entre os efeitos cardioprotetores do treinamento físico, com os cardioestressores de uma sessão aguda foi denominado “Paradoxo do Exercício” em um editorial do *New England Journal of Medicine* [4].

Distúrbios autonômicos cardíacos podem estar por trás do desenvolvimento de acometimentos cardiovasculares pós-exercício [5]. De fato, uma reduzida atividade vagal e uma elevada atividade simpática induzem a um aumento no trabalho cardíaco pós-exercício. Além disso, tem sido demonstrado que este desequilíbrio autonômico pode levar ao aumento na suscetibilidade a fibrilação ventricular [6].

Recentemente, a avaliação da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido utilizada para avaliar o impacto autonômico cardíaco promovido pelo exercício físico. Neste sentido, sabe-se que o exercício intenso promove maior estresse autonômico cardíaco do que o de inten-

sidade moderada ou leve [7]. De maneira similar, exercícios de alto volume também apresentam impacto significativo sobre os índices da VFC [8]. É possível que outros fatores, tais como o tipo de exercício, também influenciem a modulação autonômica cardíaca agudamente.

O objetivo do presente estudo foi comparar o comportamento da frequência cardíaca (FC) e VFC entre o cicloergômetro tradicional e o cicloergômetro misto, que utiliza movimentos cíclicos de membros inferiores e membros superiores, realizados ao mesmo tempo.

## Material e métodos

Trata-se de um estudo transversal realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício – LAFEX, da Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia de Goiás – ESEFFEGO. O protocolo do estudo segue a resolução CNS196/96, foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Urgência de Goiânia.

A amostra foi do tipo intencional constituída de 21 indivíduos jovens de ambos os gêneros, acadêmicos da instituição, que foram divididos de forma randômica em 3 grupos: 1) Grupo Experimental – Cicloergômetro Misto (n = 11); 2) Grupo Experimental – Bicicleta Ergométrica (n = 6) e 3) Grupo Controle (n = 4).

Como critérios de inclusão todos os pacientes assinaram o Termo de Consentimento Livre e

Esclarecido (TCLE), tinham entre 18 e 30 anos, Pressão Arterial Sistólica (PAS) igual ou abaixo de 130mmHg e a Pressão Arterial Diastólica (PAD) igual ou abaixo de 85mmHg. Como critérios de exclusão, não apresentaram obesidade ( $IMC \geq 30 \text{Kg/m}^2$ ), diabetes mellitus, ICC, evento cardiovascular, IRC, limitações ortopédicas ou qualquer limitação física ou mental que impedisse a realização dos exercícios.

Todos os voluntários, após a assinatura do TCLE foram submetidos à avaliação clínica e física para identificação dos critérios de inclusão e exclusão do estudo nos ambulatórios ESEFFEGO e no LAFEX.

Os indivíduos compareceram a 1 visita antes do início da coleta de dados, no LAFEX, visando apresentação e explicação mais detalhada acerca da pesquisa, onde as pacientes assinaram um TCLE e foram submetidos a avaliação clínica e física, além de realizarem a adaptação/aprendizagem gestual dos exercícios que foram propostos.

O protocolo experimental - Cicloergômetro Misto foi realizado com cicloergômetro misto de marca Aerobike, modelo R11 (Goiânia, Brazil). Ao chegarem ao local onde foi realizado o experimento (LAFEX), os indivíduos permaneceram em repouso, na posição sentada por 10 minutos para a medida inicial da FC e VFC pré-exercício (Polar RS800cx, Kempele, Finland). Após, os indivíduos foram submetidos a uma sessão de exercício contínuo por 30 minutos (com movimentação de membros inferiores e superiores), em intensidade de 65% de Frequência Cardíaca de Reserva, exercitando de forma cíclica os membros inferiores e superiores ao mesmo tempo. Após o exercício, os indivíduos sentaram-se em cadeira para medida pós-exercício por 45 minutos.

O protocolo experimental - Bicicleta Ergométrica foi realizado com cicloergômetro para membros inferiores de marca Aerobike R7, sendo uma bicicleta ergométrica estacionária convencional. Ao chegarem ao local onde foi realizado o experimento (LAFEX), os indivíduos permaneceram em repouso, na posição sentada por 10 minutos para a medida inicial da FC e VFC pré-exercício (Polar RS800cx, Kempele, Finland). Após, os indivíduos foram submetidos a uma sessão de exercício contínuo por 30 minutos (com movimentação de membros inferiores e superiores), em intensidade

de 65% de Frequência Cardíaca de Reserva. Após o exercício, os indivíduos sentaram-se em cadeira para medida pós-exercício por 45 minutos.

O protocolo controle foi uma sessão de controle com medidas da VFC semelhante às sessões experimentais, mas sem realização de nenhum exercício. Ao chegarem ao local onde foi realizado o protocolo controle (LAFEX), os indivíduos permaneceram em repouso, na posição sentada por 10 minutos para a medida da FC e VFC pré-exercício (Polar RS800cx, Kempele, Finland). Após, os indivíduos ficaram no laboratório por 30 minutos sem realizar qualquer tipo de exercícios. Estes puderam ficar em pé, conversar, sentar, mas foi vedada a ingestão de alimentos. Após esse período, os indivíduos sentaram-se em cadeira para medida pós-exercício por 45 minutos.

A intensidade das sessões foi controlada pela frequência cardíaca que foi continuamente medida usando um monitor de frequência cardíaca (Polar, RS 800 CX®, USA). Para a realização da análise da FC e VFC, os dados que continham a série temporal de intervalo RR (RRi) foram exportados para o software Matlab (MathWorks, EUA). Inicialmente, uma operação de filtro de mediana foi aplicado em série RRi tempo, onde cada valor discrepante foi substituída com a mediana do valor, bem como os valores anteriores e seguintes. Os primeiros e os últimos valores não foram filtrados pela mediana. Em seguida, o sinal filtrado foi dividido de acordo com cada fase do protocolo (isto é, repouso, exercício, 5-10 minutos, 10-15 minutos, 15-20 minutos, 20-25 minutos, 25-30 minutos, 30-35 minutos, 35-40 minutos e 40-45 minutos de recuperação). Para cada janela da FC média e o desvio padrão dos intervalos RR (SDNN) foram calculados [9].

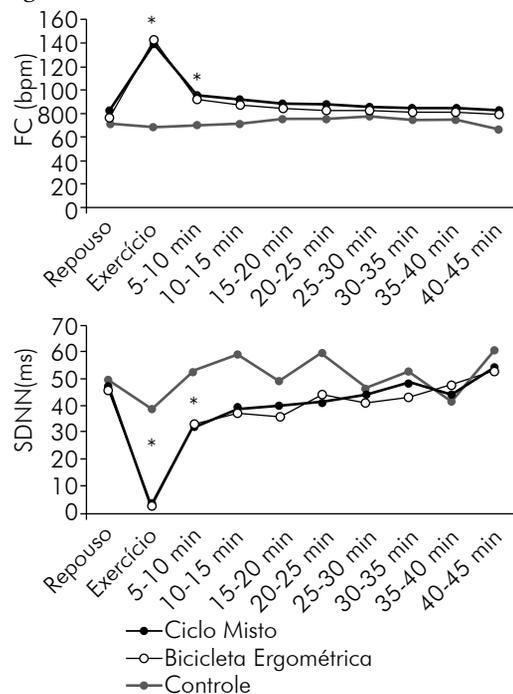
Para avaliação da distribuição dos dados, realizou-se o teste de Shapiro-Wilk. Como os dados não apresentavam distribuição normal, utilizou-se o teste de Friedman para comparação das médias das variáveis FC e SDNN, durante o repouso (10 min), exercício (30 min) e recuperação (45 min); entre os grupos estudados. Para verificação dos momentos em que as diferenças estatisticamente significativas ocorriam, realizou-se comparação múltipla de médias por meio do teste de Wilcoxon, com nível de significância de 5%. O software estatístico utilizado foi o Statistica 8.0.

## Resultados

As características dos grupos foram semelhantes, sem diferença estatística entre eles. O grupo que realizou a sessão de cicloergômetro ( $n = 11$ ) apresentou  $21,4 \pm 2,3$  anos;  $69,4 \pm 9,9$  kg;  $1,74 \pm 0,09$  m;  $22,7 \pm 2,4$  kg/m<sup>2</sup>); o grupo que realizou a sessão em bicicleta ergométrica ( $n = 6$ ) apresentou  $20 \pm 2,1$  anos;  $65,8 \pm 10,3$  kg;  $1,71 \pm 0,06$  m;  $22,5 \pm 3,3$  kg/m<sup>2</sup>) e por fim, o grupo controle ( $n = 4$ ) apresentou  $25,7 \pm 2,9$  anos;  $75,5 \pm 14,9$  kg;  $1,79 \pm 0,07$  m;  $23,7 \pm 5,5$  kg/m<sup>2</sup>).

Foi observada diferença estatisticamente significativa nos valores de FC e SDNN durante o exercício e na primeira janela de recuperação pós-exercício (5-10 minutos), em ambos os grupos experimentais quando comparados ao controle. No entanto, sem diferença significativa entre eles (cicloergômetro misto X bicicleta ergométrica). Os demais valores de recuperação são todos iguais, inclusive quando comparados aos do controle. Tais dados podem ser visualizados na figura 1, abaixo.

**Figura 1** – Modulação autonômica antes, durante e após os protocolos de cicloergômetro misto, bicicleta ergométrica e controle.



## Discussão

Foi observada elevação da FC e redução da VFC, que ocorreram durante o exercício e na primeira janela de recuperação pós-exercício (5-10 minutos) em ambas as sessões experimentais (ciclo misto e bicicleta ergométrica) em comparação ao protocolo controle.

Estudos demonstram que sessões de exercícios aeróbicos em intensidade submáxima e máxima; sessões anaeróbicas e também sessões de exercícios de força supramáximos observaram um estresse cardiovascular autonômico significativo caracterizado por uma redução vagal proeminente e aumento da atividade simpática [10,11], culminando com elevação da FC e redução da VFC. A elevação da FC e redução da VFC não foram tão proeminentes no presente estudo, em nenhuma das 2 sessões experimentais, explicada pela menor intensidade utilizada nos protocolos.

Em geral, a intensidade do exercício é a principal razão possível para as mudanças na modulação autonômica induzidas pelos protocolos de exercícios. Apoiando esta hipótese, um estudo anterior [12], mostrou que, independentemente da duração da sessão, a dinâmica da FC e VFC pós-exercício foram mais afetadas após protocolos de exercícios realizados em intensidades mais altas. Outros estudos [11,13] também demonstraram uma redução da VFC após esforço máximo ou supramáximo, portanto, reforçando que altas intensidades de exercícios podem mudar a VFC de forma mais consistente.

O presente estudo demonstrou que não houve sobrecarga adicional para mesma intensidade de trabalho para a FC e o índice SDNN no cicloergômetro misto comparado a bicicleta ergométrica, evidenciando, assim, a mesma segurança autonômica cardíaca de ambos os exercícios no público estudado. Em comparação à sessão controle, os exercícios realizados também não apresentaram impacto autonômico significativo, visto que em 10 min pós-exercício os valores de FC e VFC voltaram ao normal.

Não foi encontrado nenhum estudo que houvesse avaliado os efeitos cardiovasculares do exercício em cicloergômetro misto na literatura científica, onde maiores comparações e discussões se tornam limitadas, mas que deixa clara a originalidade da presente pesquisa.

Como limitação do estudo, pode-se citar que as medidas da VFC dão apenas uma visão parcial sobre a modulação autonômica cardíaca durante e após o exercício, visto que esta não pode representar a neuromodulação na vasculatura periférica. Também é possível que a resposta da VFC tenha sido influenciada pelo padrão de respiração.

### **Conclusão**

Evidenciou-se que durante e na primeira janela de recuperação (5-10 minutos) após os exercícios, a FC esteve significativamente aumentada e o índice SDNN significativamente reduzido, tanto no protocolo de exercício em cicloergômetro misto quanto na bicicleta ergométrica (com magnitudes semelhantes entre os protocolos nas duas variáveis estudadas).

De maneira geral, os resultados sugerem que ambos os exercícios apresentam modulação autonômica semelhante, onde o protocolo de cicloergômetro misto pode ser uma alternativa interessante em programas de reabilitação e condicionamento, visto que este apresenta maior envolvimento de massas musculares do que a bicicleta ergométrica, no entanto, a segurança deve ainda ser avaliada em populações clínicas.

### **Referências**

1. Aubert AE, Beckers F, Ramaekers D. Short-term heart rate variability in young athletes. *J Cardiol* 2001;37:S85-8.
2. Terra D, Mota M, Rabelo H, Bezerra L, Lima R, Ribeiro A, et al. Reduction of arterial pressure and double product at rest after resistance exercise training in elderly hypertensive women. *Arq Bras Cardiol* 2008;91(5):299-305.
3. Albert CM, Mittleman MA, Chae CU, Lee IM, Hennekens CH, Manson JE. Triggering of sudden death from cardiac causes by vigorous exertion. *N Engl J Med* 2000;343(19):1355-61.
4. Maron BJ. The paradox of exercise. *N Engl J Med* 2000;343(19):1409-11.
5. Billman GE, Hoskins RS. Time-series analysis of heart rate variability during submaximal exercise. Evidence for reduced cardiac vagal tone in animals susceptible to ventricular fibrillation. *Circulation* 1989;80(1):146-57.
6. Smith LL, Kukielka M, Billman GE. Heart rate recovery after exercise: a predictor of ventricular fibrillation susceptibility after myocardial infarction. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2005;288(4):H1763-9.
7. Kaikkonen P, Nummela A, Rusko H. Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises. *Eur J Appl Physiol* 2007;102(1):79-86.
8. Hynynen E, Vesterinen V, Rusko H, Nummela A. Effects of moderate and heavy endurance exercise on nocturnal HRV. *Int J Sports Med* 2010;31(6):428-32.
9. Task-Force. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J* 1996;17(3):354-81.
10. Heffernan KS, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *J Physiol Heart Circ Physiol* 2007;293(5):H3180-6.
11. Buchheit M, Laursen PB, Ahmaidi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *J Physiol Heart Circ Physiol* 2007;293(1):H133-141.
12. Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(8):1366-73.
13. Oliveira TP, Alvarenga MR, Ferreira RB, Rezende RA, Lima JR. Absence of parasympathetic reactivation after maximal exercise. *Clin Physiol Funct Imaging* 2013;33(2):143-9.